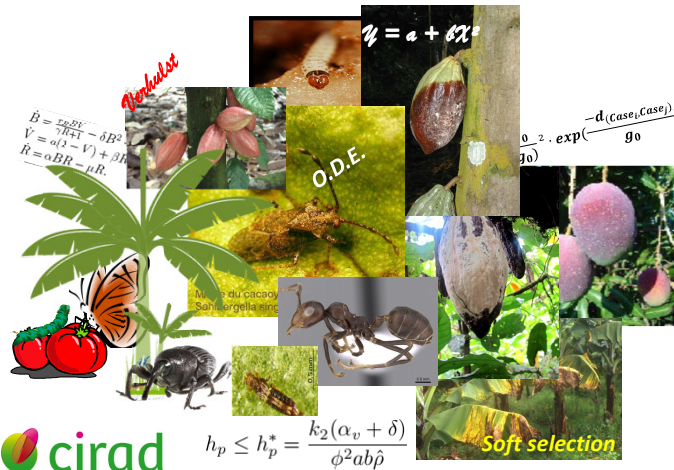


Modélisation pour une gestion durable de la santé des cultures

Activités de recherche au CIRAD



Dominique Carval
UR 26 SCBPA
Isabelle Grechi
UR 103 HortSys

Séminaire PIC INRA-CIRAD
4-6 février 2012, PARIS

Activités de modélisation au CIRAD

Modèles
statistiques

Modèles
de simulation

Modèles
théoriques

Régis Babin UPR 106
Martjin ten Hoopen UPR 106
Cynthia Gidoin UMR SYSTEM
Marie-Ange Ngo Bieng UMR SYTEM
Dominique Carval UPR 26 SCBPA
Philippe Tixier UPR 26 SCBPA
Isabelle Grechi UPR 103 HortSys
Mathieu Lechaudel UPR 103 HortSys
Frédéric Normand UPR 103 HortSys
Catherine Abadie UMR BGPI
François Bonnot UMR BGPI
Clara Landry UMR BGPI
Virginie Ravigné UMR BGPI
Audrey Lebon UMR AMAP
Yves Dumont UMR AMAP

Modèles statistiques - Martjin ten Hoopen UPR 106

Modélisation de la croissance de la cabosse du cacao

Risque infectieux/Susceptibilité du fruit:
Incidence, densité, climat, **variétés (taille et croissance du fruit)**, âge

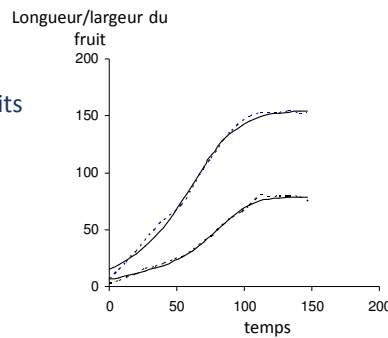


Observations :

Mesure hebdomadaire de la longueur et de la largeur des fruits (Cameroun)

Prédictions:

Modèle de Verhulst (1838)
Richards (1959)
Gompertz (1835)
Beta (Yin *et al.* 1995, 2003)



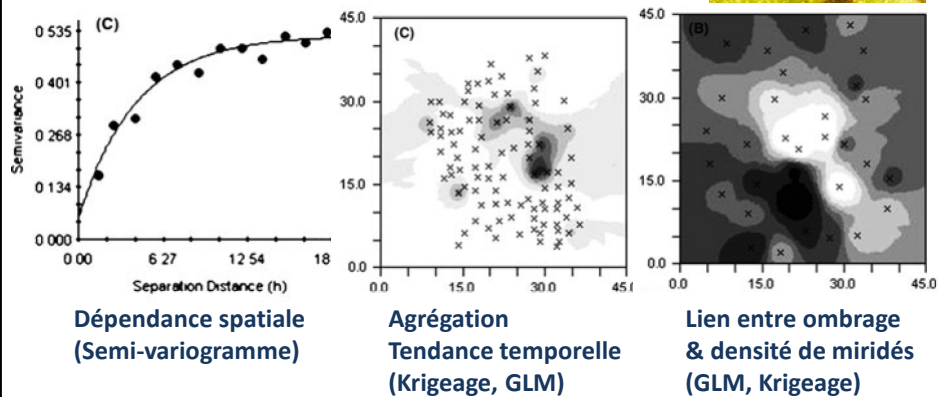
Régression linéaire → mesure de l'adéquation Obs/Pred (R^2 , MD) → **Modèle de Richards**

Martjin ten Hoopen et al. 2012

Modèles statistiques - Régis Babin UPR 106

Distribution spatiale des miridés & ombrage

Sahlbergella singularis



Babin et al. 2009

Modèles statistiques - Martjin ten Hoopen UPR 106

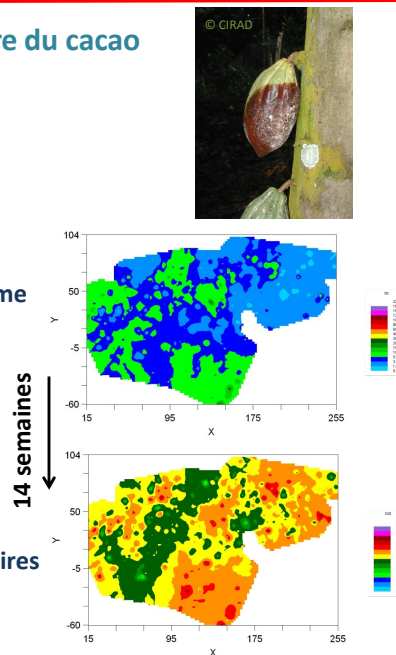
Distribution spatiale de la pourriture du cacao

Phytophthora megakarya

Nombre de fruits contaminés
(IRAD, Cameroun, 2007)

Régression linéaire sur le semi-variogramme
Krigage
Tendance temporelle

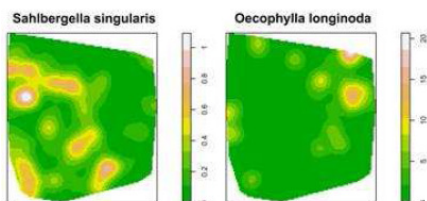
Identification des foyers
Lien avec facteurs environnementaux
(HR, ombrage)
Importance inoculums primaires/secondaires



Modèles statistiques - Régis Babin UPR 106

Distribution spatiale des miridés & fourmis

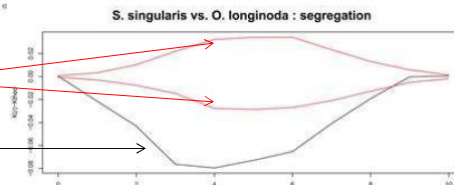
Sahlbergella singularis / *Oecophylla longinoda*



Utilisation de fonction K de Ripley
pour espace discrétisé

Enveloppe du modèle nul

Fonction K(*S. singularis*/*O. longinoda*)

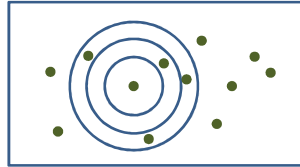


Confirme la ségrégation des deux distributions spatiales :
→ Prédation de *O. longinoda* sur *S. singularis*

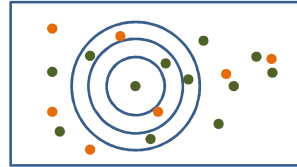
Ripley, 1977 ; O'Driscoll 1998; Tenfelier & Piou 2011; R. Babin et al. 2013

Modèles statistiques - Cynthia Gidoin & M.A. Ngo Bieng UMR SYSTEM

Intensité d'attaque du bioagresseur & Structure spatiale du peuplement végétal *Moniliose du cacaoyer* (*Moniliophthora roreri*)



Fonction $L(r)$ de Ripley



Fonction *intertype*

Régression Multi-Bloc PLS

Bloc de Variables ~ Bloc [Structure Spatiale] + Bloc [Abondance-Diversité]

$$L(r)_{canopée} > 0 *$$

Effet de l'organisation spatiale de la canopée sur l'intensité d'attaque de la moniliose

Ripley, 1977 ; Lotwick & Silverman, 1982, C. Gidoin *et al.* 2013

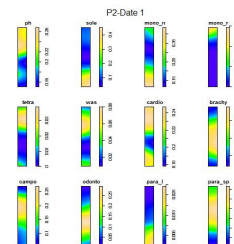
Modèles statistiques - Dominique Carval & Philippe Tixier UPR 26

Ecologie spatiale des arthropodes des bananeraies

S. geminata, *O. bauri*, *E. caribea*, *C. sordidus*, ...



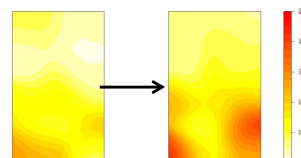
Communautés de fourmis
Interactions entre 12 espèces de fourmis
susceptibles de réguler *Cosmopolites sordidus*
→ Distribution spatiale - Compétition
(semi-variogramme, GLS)



Dynamique spatio-temporelle d'*Elixothrips brevisetis*

→ Effets des adventices
→ Phénologie du bananier
→ Pratiques agricoles
(Autocorrélation spatiale, GLM)

5 semaines

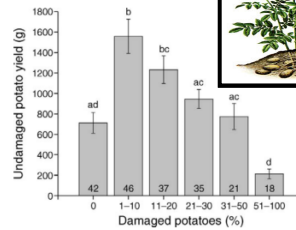


Modèles théoriques - Audrey Lebon & Yves Dumont UMR AMAP

Effet compensatoire de la plante & Dynamique Plante-Insecte

e.g. *Phthorimaea operculella*

Entre 1 et 20% de dégâts de la teigne de la pomme de terre, le rendement est plus grand qu'en absence du bioagresseur



Modèle de 3 Equations Différentielles Ordinaires

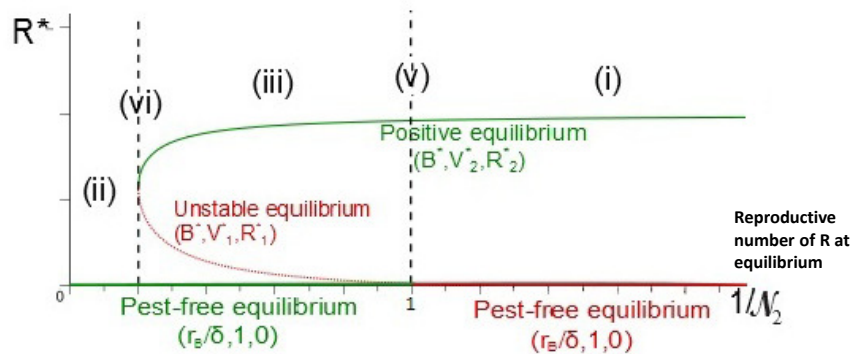
$$\begin{aligned}\dot{B} &= \frac{r_B B V}{\gamma R + 1} - \delta B^2 - \phi B R, \\ \dot{V} &= a(1 - V) + \beta R, \\ \dot{R} &= \alpha B R - \mu R.\end{aligned}$$

Lebon et al. 2012

Modèles théoriques - Audrey Lebon & Yves Dumont UMR AMAP

Effet compensatoire de la plante & Dynamique Plante-Insecte

Diagramme de bifurcation – Equilibres positifs

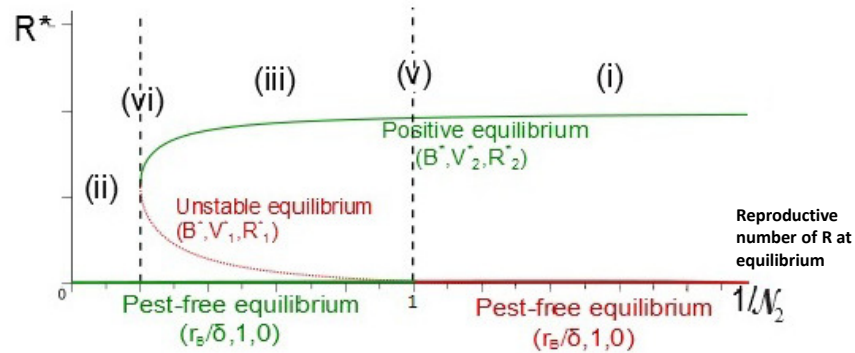


(i) Effet compensatoire permet le maintien du ravageur
B* < équilibre en absence du ravageur

Modèles théoriques - Audrey Lebon & Yves Dumont UMR AMAP

Effet compensatoire de la plante & Dynamique Plante-Insecte

Diagramme de bifurcation – Equilibres positifs

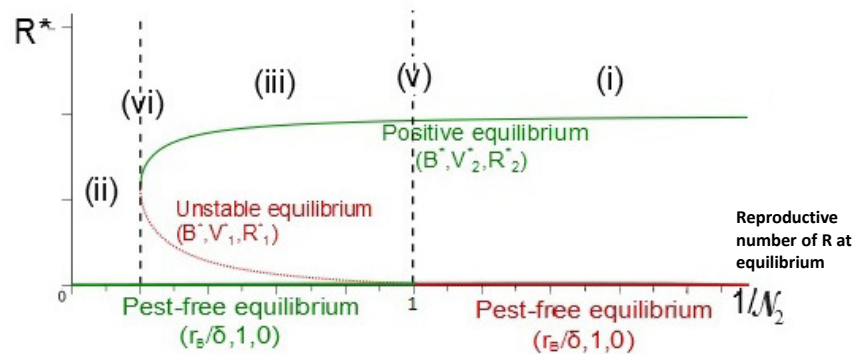


(ii) Effet compensatoire ne permet pas le maintien du ravageur
 B^* = équilibre en absence du ravageur

Modèles théoriques - Audrey Lebon & Yves Dumont UMR AMAP

Effet compensatoire de la plante & Dynamique Plante-Insecte

Diagramme de bifurcation – Equilibres positifs



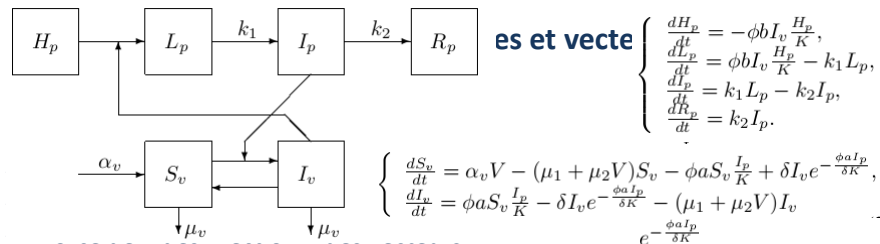
(iii) Cas 1 - Population initiale du ravageur faible
 → Effet compensatoire faible $R^* \rightarrow 0$ (Allee effect)
 (iii) Cas 2 - Population initiale du ravageur élevé
 → Surcompensation $B^* >$ équilibre en absence du ravageur

Modèles théoriques - Yves Dumont UMR AMAP

Modélisation des maladies vectorisées chez les plantes

Modèles Epidémiques & Endémiques

Modèle d'Equations Différentielles Ordinaires



Gestion :

- Proportion de plantes susceptibles $h_p \leq h_p^* = \frac{k_2(\alpha_v + \delta)}{\phi^2 a b \hat{\rho}}$
- Réduire le nombre de plantes visités par les vecteurs ϕ
- Réduire la densité virale $\hat{\rho}$

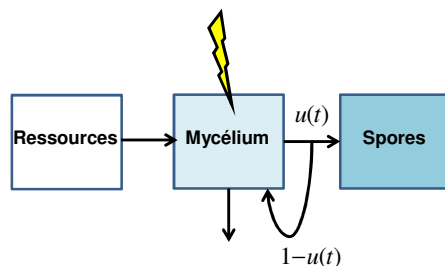
Modèles théoriques – Virginie Ravigné UMR BGPI

Modélisation épidémique et évolution de l'agressivité des pathogènes

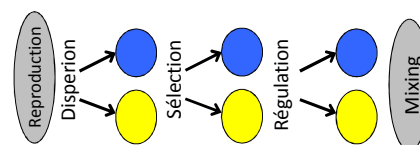
Modèles analytiques génériques

Stratégies optimales d'exploitation et d'allocation des ressources (Thèse A.Anderson, terminée)

Evolution de l'agressivité en environnement hétérogène (V. Ravigné, en cours)



Soft selection



Modèles théoriques – Clara Landry, C. Abadie & F. Bonnot UMR BGPI

Modélisation de la cercosporiose

Mycosphaerella fijiensis



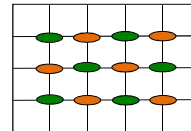
Agencement spatial Résistants/Sensibles

Modèle spatialement explicite (SiPloToka)

Variétés Résistantes/Sensibles

Fonction de dispersion

Déterministe (à terme stochastique)



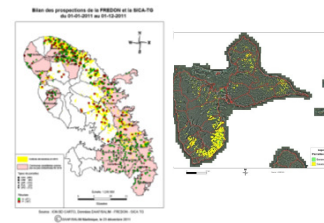
Processus d'invasion

Invasion de la cercosporiose noire au Antilles

Modèle de métapopulation (SiMarToka)

Probabilité de colonisation par zone :

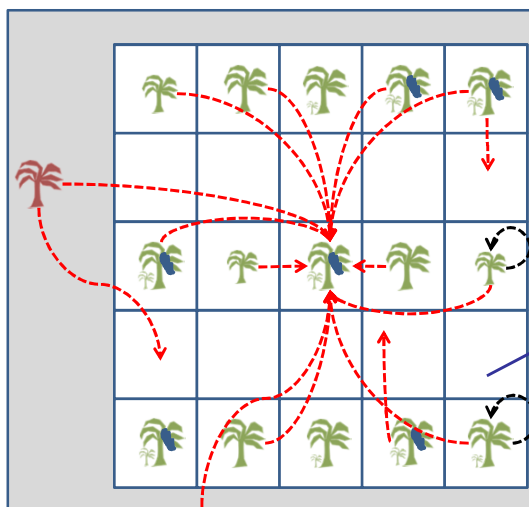
- Caractéristiques du paysage
- Dispersion du pathogène



Modèles de simulation - D. Carval, P. Tixier & L. de Lapeyre UPR 26

Modélisation de la cercosporiose

Mycosphaerella fijiensis



Spatialement explicite

Croissance des bananiers

Dispersion du pathogène

---> Allo-inoculum

---> Auto-inoculum

Case vide :

- Sol nu
- Autres (papayer, piment, verger, ...)

Pratiques (effeuillage)

Modèles de simulation - Fabrice Vinatier & Philippe Tixier UPR 26

COSMOS, modèle individu-centré

Cosmopolites sordidus

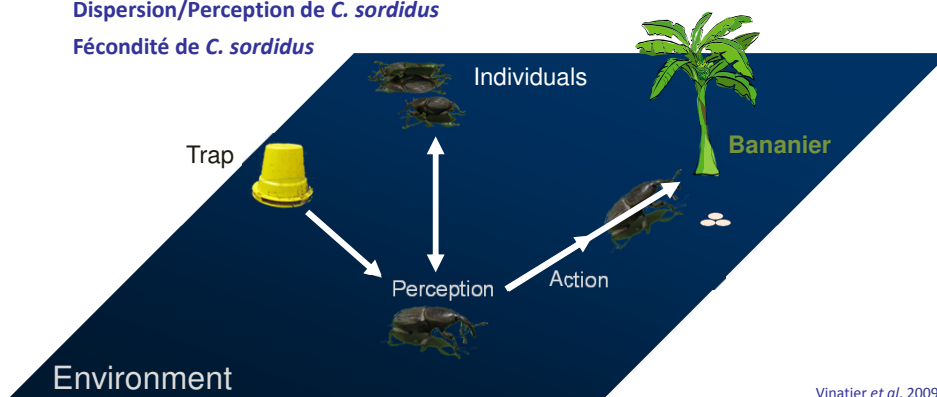
Spatialement explicite

Croissance des plantes

Survie de *C. sordidus*

Dispersion/Perception de *C. sordidus*

Fécondité de *C. sordidus*



Vinatier et al. 2009

Modèles de simulation - I. Grechi & P. Tixier UPR 103 / UPR 26

Dynamique spatiale de la noctuelle de la tomate

Helicoverpa zea

Spatialement explicite

Croissance des plantes cultivées (tomate) et pièges (maïs)

Survie et développement des juvéniles

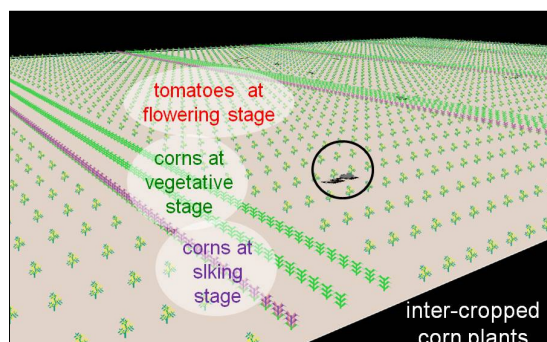
Stratégie de ponte et survie des adultes

Attractivité des plantes

Mouvement des adultes



Environment



Vinatier et al. 2009

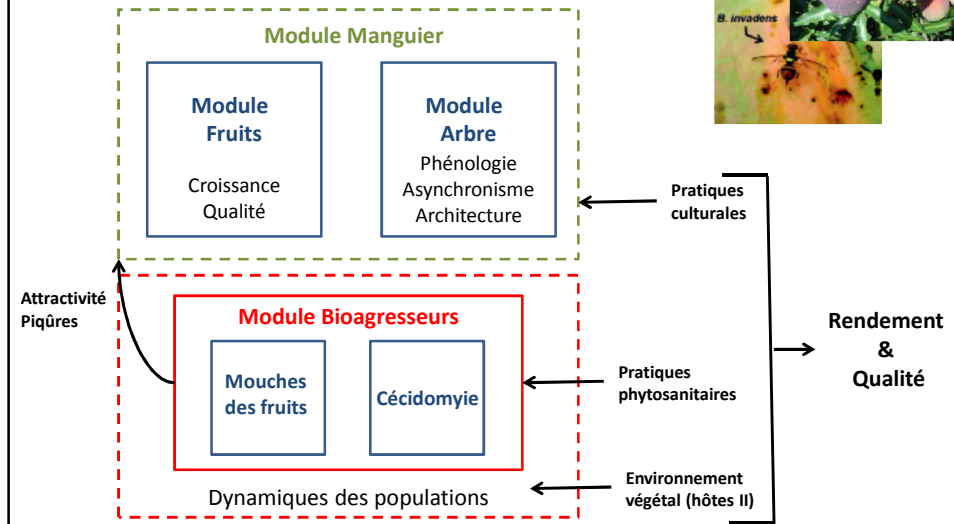
Modèles de simulation – F. Normand, M. Lechaudel & I. Grechi UPR

103

Modèle manguier phénologie et interactions

plante - bioagresseur

Mouches des fruits & Cécidomyie



Merci de votre attention